

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:**

**INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:  
INGENIERO AMBIENTAL**

**TEMA:**

**MEDICIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA DE LA UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA CAMPUS SUR**

**AUTOR:**

**CRISTIAN ALFONSO ORTIZ SARANGO**

**TUTOR:**

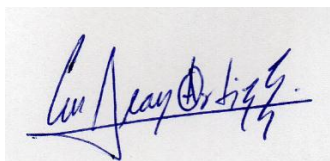
**RENATO GABRIEL SÁNCHEZ PROAÑO**

**Quito, septiembre del 2018**

## **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR**

Yo Cristian Alfonso Ortiz Sarango, con documento de identificación N° 172358425-4, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: MEDICIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA DE LA UPS CAMPUS SUR, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de INGENIERO AMBIENTAL, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra mencionada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



.....

Cristian Alfonso Ortiz Sarango

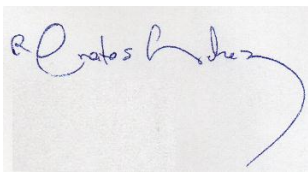
172358425-4

Quito, septiembre del 2018

## **DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR**

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Trabajo Experimental, MEDICIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA DE LA UPS CAMPUS SUR, realizado por Cristian Alfonso Ortiz Sarango, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, septiembre del 2018

A handwritten signature in blue ink, reading "Renato Sánchez", with a long, sweeping flourish extending from the end of the name.

.....

Renato Gabriel Sánchez Proaño

171554240-1

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|          |   |    |
|----------|---|----|
| 1.       | INTRODUCCIÓN .....  | 1  |
| 2.       | OBJETIVOS .....   | 4  |
| 2.1.     | Objetivo General .....  | 4  |
| 2.2.     | Objetivos específicos .....   | 4  |
| 3.       | MARCO TEÓRICO .....   | 5  |
| 3.1.     | Disponibilidad del agua .....   | 5  |
| 3.2.     | Contaminación del agua .....  | 6  |
| 3.3.     | Sustentabilidad .....   | 7  |
| 3.3.1.   | Sustentabilidad débil .....   | 7  |
| 3.3.2.   | Sustentabilidad fuerte .....  | 8  |
| 3.4.     | Concepto de Huella Hídrica.....   | 8  |
| 3.4.1.   | Huella Hídrica Directa.....   | 9  |
| 3.4.2.   | Huella Hídrica Indirecta .....  | 11 |
| 3.4.2.1. | <i>Huella Hídrica Indirecta asociada al consumo de electricidad</i> ..... | 12 |
| 3.4.2.2. | <i>Huella Hídrica Indirecta asociada al consumo de papel</i> .....        | 12 |
| 4.       | MATERIALES Y MÉTODOS .....  | 14 |
| 4.1.     | Descripción del método .....  | 14 |
| 4.1.1.   | Actividades para el desarrollo del proceso .....                          | 14 |
| 4.1.1.1. | Determinación del alcance y objetivos.....                                | 14 |
| 4.1.1.2. | Identificación de unidades .....  | 15 |
| 4.1.1.3. | Obtención de la información.....  | 15 |
| 5.       | RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....  | 17 |
| 5.1.     | Cuantificación de la Huella Hídrica Directa.....                          | 17 |
| 5.1.1.   | Cuantificación HH Azul .....  | 17 |
| 5.1.2.   | Cuantificación HH Gris .....  | 18 |
| 5.1.3.   | Cuantificación HH Verde .....   | 20 |
| 5.1.4.   | Cuantificación HH Indirecta.....  | 22 |
| 5.1.4.1. | Cuantificación HHI, en base al consumo de electricidad.....               | 22 |
| 5.1.4.2. | Cuantificación HHI, en base al consumo de papel .....                     | 23 |
| 5.2.     | Discusión .....   | 25 |

|          |   |    |
|----------|---|----|
| 5.2.1.   | Contabilidad de la Huella Hídrica ..... | 25 |
| 5.2.2.   | Huella Hídrica Directa.....             | 25 |
| 5.2.2.1. | <i>Huella Azul</i> .....                | 25 |
| 5.2.2.2. | <i>Huella Verde</i> .....               | 26 |
| 5.2.2.3. | <i>Huella Gris</i> .....                | 26 |
| 5.2.3.   | Huella Hídrica Indirecta .....          | 26 |
| 6.       | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....    | 29 |
| 6.1.     | Conclusiones .....                      | 29 |
| 6.2.     | Recomendaciones.....                    | 29 |
| 7.       | BIBLIOGRAFÍA.....                       | 31 |
| 8.       | ANEXOS .....                            | 34 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1 Huellas cuantificadas, según tipo de unidad .....                    | 15 |
| Tabla 2 Información y fuentes para cada Huella Hídrica .....                 | 16 |
| Tabla 3 Consumo de agua en la UPS QUITO, Campus sur, 2016 .....              | 17 |
| Tabla 4 Consumo de energía eléctrica en la UPS QUITO, Campus sur, 2016 ..... | 22 |
| Tabla 5 Equivalencias de Huella Hídrica de las fuentes energéticas .....     | 23 |
| Tabla 6 Detalle consumo de papel en la UPS Quito Campus Sur, 2016 .....      | 24 |
| Tabla 7 Valor total Huella Hídrica .....                                     | 27 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Fachada de la Institución estudiada. ....  | 3  |
| Figura 2. Detalle de la distribución mundial del agua dulce y salada.....                                      | 6  |
| Figura 3. Fases de la metodología del cálculo de la Huella Hídrica. ....                                       | 14 |
| Figura 4. Representación gráfica de áreas verdes de la Universidad Politécnica Salesiana-Campus Sur.....       | 21 |
| Figura 5. Gráfico de la Huella Hídrica Directa en la Universidad Politécnica Salesiana Quito Campus Sur.....   | 27 |
| Figura 6. Gráfico de la Huella Hídrica Indirecta en la Universidad Politécnica Salesiana Quito Campus Sur..... | 28 |

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

|  |    |
|--|----|
| Anexo 1 Informe de análisis físico-químico. .... | 34 |
|--|----|



## **RESUMEN**

En el presente trabajo se ha determinado la Huella Hídrica, a la cual a partir de ahora también se la denominará con las siglas HH. La HH es el resultado de las principales actividades que se desarrollan en la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito, Campus Sur, que emplean de manera directa o indirecta el uso del recurso hídrico.

La Huella Hídrica Total, ha sido calculada por separado en varios de sus componentes. Primero la HH Directa y posteriormente la HH Indirecta. Se recolectó datos relevantes al consumo de agua para el cálculo de la HH Directa y el consumo de ciertos productos para el cálculo de la HH Indirecta.

Por su parte para el cálculo de cada una de las dos Huellas mencionadas, se ha realizado cálculos más específicos. Se empleó la metodología según Water Footprint Network para calcular la HH Directa que a su vez es el resultado de la suma total de estos tres: HH Azul (HHA), HH Verde (HHV) y HH Gris (HHG).

Por otro lado se emplearon datos del consumo de electricidad y papel en la determinación la HH Indirecta, para cada uno de estos parámetros fue necesaria la aplicación de factores de conversión, que representen el consumo de agua derivado de esas actividades.

Finalmente, con la suma de las Huellas Hídricas, se determinó la HH Total, el cual es un indicador de sustentabilidad en cuanto al uso de agua y puede ser utilizado como herramienta para las decisiones que pretendan ejecutar actividades que sean amigables con el ambiente.

## **ABSTRACT**

In the present work the Water Footprint has been determined, from now on will also be called WF. The WF is the result of the main activities carried out at the Universidad Politécnica Salesian, Sede Quito, Campus Sur, which directly or indirectly use water resources.

The Total Water Footprint, has been calculated separately in several of its components. First Direct Water Footprint and then Indirect Water Footprint. Data relevant to water consumption was collected for the calculation of Direct Water Footprint and the consumption of certain products for the calculation of Indirect Water Footprint.

The methodology according to Water Footprint Network was used to calculate the Direct Water Footprint which in turn is the result of the total sum of these three: WF Blue, WF Green and WF Gray.

The electric power and paper consumption data were used in the determination of Indirect Water Footprint, for each of these parameters it was necessary to apply conversion factors, which represent the water consumption derived from these activities.

Finally, with the sum of the water footprints, the Total Water Footprint was determined, which is an indicator of sustainability regarding the use of water and can be used as a tool for decisions that intend to carry out activities that are friendly to the environment.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El planeta Tierra, conocido como el “Planeta Azul” debido a que está constituida por más del 70% de agua. De acuerdo con las Naciones Unidas, 97% está disponible en océanos, es decir que tan sólo 3% de toda el agua que cubre el planeta es dulce y aun así no toda es accesible a los seres humanos.

Es evidente de que uno de los principales problemas sobre el abastecimiento de agua potable es el incremento de la población. Según Carbonell (2013), se estima que en el año 2050 existirán 9 mil millones de habitantes en el Planeta, por lo que también se prevé el incremento de la demanda del agua. Cuando la demanda de agua supera a la capacidad de dotación, se habla de escasez. Según el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas (ONU-DAES), aproximadamente mil doscientos millones de personas, habitan en zonas que carecen de agua. El Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo, publicado en el 2016, indica que en el continente americano, existe mayor reserva de agua por persona ocasionando que la demanda de agua, para cubrir los requerimientos de agua de las personas, la cual limita la capacidad de los sistemas de mantener el recurso hídrico renovable en diversas regiones del planeta. Sin embargo en países como India y China la escasez de agua ha sido cada vez más difícil de superar debido al incremento de la población.

Otro problema asociado al acceso al agua, es la contaminación. Una vez que el agua ha sido utilizada en actividades domésticas, industriales, agrícolas, entre otras; regresa a las fuentes hídricas sin las características necesarias para su consumo humano. Por ejemplo, en el Ecuador, según un estudio realizado en 2016 por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) “un 20,7 % de agua, a nivel nacional, está contaminada.

Según el INEC, en el área urbana, el 84.6 % no está contaminada y del 15.4 % de agua contaminada, el 28.6 % está embotellada o envasada”

Muy pocos son los países que han puesto en marcha medidas que permitan combatir a la contaminación ambiental, basados en herramientas, estudios o datos reales del estado actual de los cauces de agua. En el caso de los recursos hídricos, en el Ecuador se han hecho pocos avances estudios institucionales, sectoriales o de productos.

No existen estudios específicos de la Huella Hídrica de la mayoría de instituciones y organizaciones. Sin embargo en el caso del Campus Sur de la Universidad Politécnica Salesiana, en el año 2014, la medición de la huella de carbono brindó información importante acerca del impacto causado en relación al calentamiento global.

Uno de los indicadores que permiten esta evaluación es la Huella Hídrica, como un índice de sustentabilidad respecto al uso del recurso hídrico durante el proceso de educación en la Universidad y como complemento a otros estudios que se han hecho en la institución sobre sustentabilidad.

Los datos con los que se elaboró el estudio corresponden al consumo de agua, energía eléctrica y papel, desde diciembre de 2015 hasta diciembre de 2016. Así como también las condiciones en las que el agua, después de ser usada, es devuelta al cauce natural.

Una vez establecida la huella hídrica de la Universidad Politécnica Salesiana, Campus Sur, del año 2016 se podrá conocer la realidad de la misma en cuanto al uso del agua y servirá como base para tomar decisiones que permitan mejorar la eficiencia del uso del recurso hídrico.

El presente estudio se realizó principalmente con información del 2016, en la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur, ubicado en la Av. Rumichaca Ñan, y Av. Moran Valverde, Quito-Ecuador.

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**



Figura 1. Fachada de la Institución estudiada.  
Elaborado por: Universidad Politécnica Salesiana

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo General**

Determinar la Huella Hídrica generada por las actividades que se desarrollan en la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito, Campus Sur en el 2016.

### **2.2. Objetivos específicos**

Adquirir información relevante sobre las actividades que realizan tanto estudiantes como funcionarios de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito, Campus Sur, que involucran el uso y consumo de agua.

Evaluar las entradas, salidas y potenciales impactos ambientales relacionados con el agua utilizada en la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito, Campus Sur.

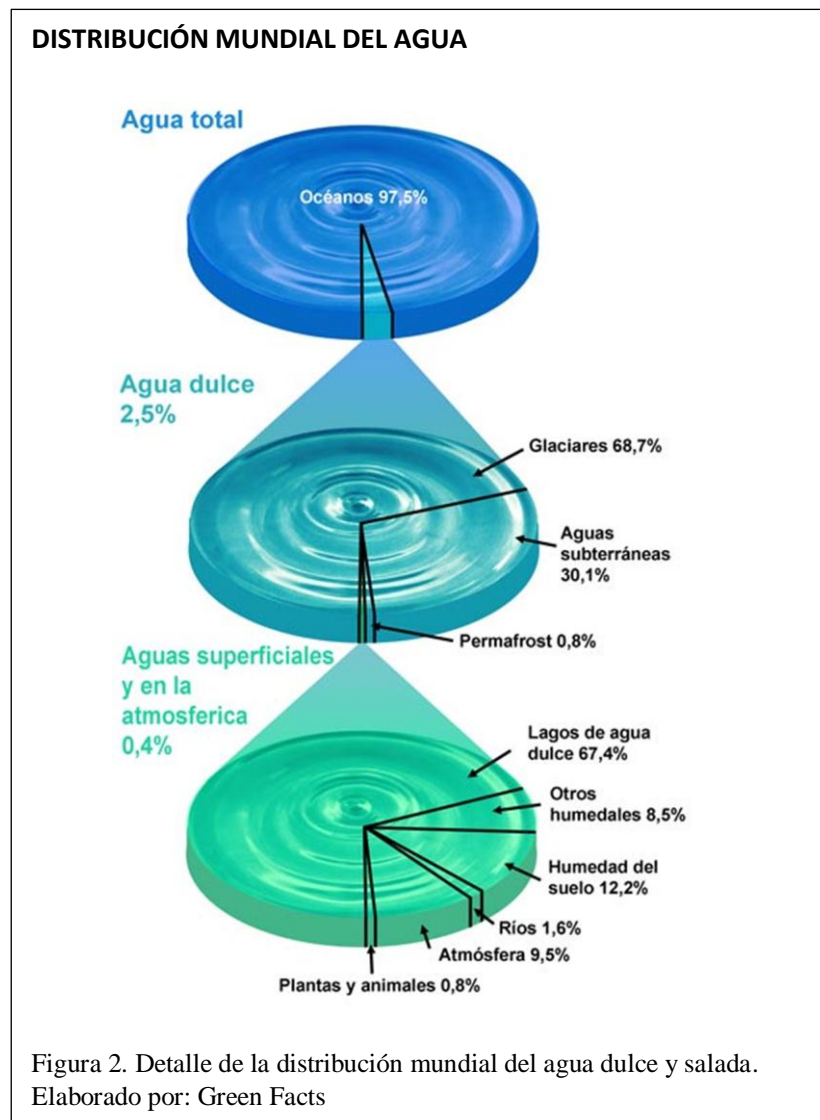
Determinar la dimensión de la huella hídrica que se aplica a la institución.

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. Disponibilidad del agua**

Según datos el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, pos sus siglas en inglés) en su revista electrónica La Ciencia del Agua (2017), la mayor parte de la Tierra está constituida por agua, alrededor del 70% de la superficie del Planeta está cubierta por el agua. El 97 % constituyen los océanos. Del 30% del agua restante, la mayoría está bajo tierra o en los casquetes de hielo de la Antártica. Sin embargo el porcentaje de agua dulce al que pueden acceder los seres humanos corresponde tan solo al 1%. En 2013 Becerra & Becerra señalan que “a pesar de que es un recurso natural renovable (si se considera el ciclo natural que cumple), se debe considerar que su disponibilidad es limitada y hasta puede decirse que finita”

Considerando que la población mundial tiene un crecimiento exponencial, la escasez de agua se agrava. Del agua dulce disponible en aguas superficiales y en la atmósfera, cada vez debe repartirse entre más y más personas a nivel mundial. En el año 2050, se estima que la población será de unos 9.800 millones. (Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, 2017) Tan sólo en el Ecuador se estima que contaba con 16.528.730 habitantes (Ortiz, 2017) en el 2016.



### 3.2. Contaminación del agua

La contaminación del agua, tal como es definida en el artículo: Aspectos Ambientales Contaminación de Ríos y Lagos, de la Universidad Complutense de Madrid (2018), la contaminación del agua es “la presencia de una o más sustancias, o la combinación de ellas que perjudiquen o molesten la vida, salud o bienestar humanos o degraden el agua”. Las afectaciones del agua pueden ser en sus características física, química o biológica. Según la FAO (2014) actualmente la contaminación es uno de los problemas principales para muchas cuencas hídricas, pues una vez que se ha empleado



el agua para diversos usos, es devuelta a los ecosistemas y generalmente contiene altas concentraciones de nutrientes, contaminantes y sedimentos.

La contaminación en los países en vías de desarrollo es uno de los problemas más graves que estos atraviesan. Según Becerra & Barraza (2013), el 70% de los residuos industriales no tratados se envía de manera directa, causando impactos negativos sobre los hábitats y las especies como la reducción de la calidad del agua. A estos efectos, se suma el hecho de que la salud de las personas se ve afectada, al hacer uso del recurso hídrico de fuentes contaminadas.

### **3.3. Sustentabilidad**

Ante la necesidad de resolver los problemas ambientales ocasionados por las actividades antrópicas, ya sea artesanales o industriales, se han desarrollado varias herramientas que permiten valorar el impacto a los recursos naturales.

De acuerdo con Rendón (2015) los indicadores de desarrollo sustentable pueden clasificarse en dos grupos:

#### **3.3.1. Sustentabilidad débil**

La sustentabilidad débil indica el ahorro real, en términos monetarios y que disminuirá el consumo de los recursos especialmente los no renovables (Rendón, 2015). Al hablar de ahorro real se refiere a ecoeficiencia.

La riqueza es otro de los indicadores débiles. En esta caso se Rendón (2015) define a la riqueza como un valor monetario que proporciona bienestar.

### **3.3.2. Sustentabilidad fuerte**

La sustentabilidad fuerte abarca tres indicadores que son: la huella ecológica, la capacidad de carga y la resiliencia. La capacidad de carga “es el máximo número de individuos de una especie que esa área puede sostener, sin degradar los recursos naturales” (Servicio de Agua y Drenaje de Monterrey, 2011)

En cuanto a la resiliencia, (Moberg & Sturle, 2016) la definen como “la capacidad de un sistema, trate de un bosque, una ciudad o una economía, para manejar los cambios y seguir desarrollándose”.

Por otro lado, derivado del concepto de Huella Ecológica, está la Huella Hídrica como uno de los indicadores de sustentabilidad.

### **3.4. Concepto de Huella Hídrica**

La Huella Hídrica como concepto, fue acuñado en el año 2002. Desde entonces la UNESCO-IHE ha realizado publicaciones detallando la metodología para calcular las huellas del agua (Institute for Water Education)

La HH corresponde a un indicador sobre el uso del agua. El cual está compuesto por el uso directo e indirecto del agua, de una organización, persona o productor. Su medición se expresa en unidades de volumen de agua consumida y/o contaminada por unidad de tiempo.

En el 2014 la Organización Internacional de Normalización (International Organization for Standardization) publicó la norma ISO 14046:2014, la misma que reúne conceptos que puedan manejarse universalmente sobre la HH y está basada en la evaluación del ciclo de vida.

La HH total de una institución u organización puede ser establecerse a partir de varios componentes, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$WF_{bus} = WF_{bus} + WF_{bus,sup} [Volumen/tiempo] \quad (1)$$

Fuente: (Water Footprint Network, 2017)

Dónde: La HH operacional es igual al consumo de agua y la contaminación de las aguas que están asociados con las operaciones de la institución.

### 3.4.1. Huella Hídrica Directa

Para el cálculo de la HH Directa, es necesario calcular de manera separada cada uno de sus componentes. La HHD está compuesta por HH Azul, HH Gris y HH Verde.

HH Azul, corresponde al indicador de consumo de agua fresca, en todo el ciclo de producción de un producto. En otras palabras, la HH Azul, representa el agua perdida en las fuentes disponibles ya sea de la superficie o fuentes subterráneas en la cuenca hidrográfica. La pérdida que se contempla sucede al evaporarse el agua y que impide su retorno a la cuenca, es dispuesta al mar o se incorpora a un producto. Se puede expresar la Huella Hídrica Azul de la siguiente manera:

$$WFP_{Azul} = Consumo\ de\ agua \left( \frac{m^3}{año} \right) * 20\% [Volumen/tiempo] \quad (2)$$

Fuente: (Water Footprint Network, 2017)

El 20% corresponde al porcentaje de evaporación.

Por otro lado, según Becerra y Barraza citando a Hoekstra (2009), para determinar la HH Gris se debe calcular el volumen de agua requerido para diluir contaminantes hasta que el agua cumpla con los límites máximos permisibles según la legislación aplicable, basados en normas de calidad de agua. Para su cálculo se debe obtener el cociente entre la carga de contaminantes elegido (L expresado en masa/tiempo) sobre el valor de la

norma de calidad del agua del ambiente para ese contaminante (la concentración máxima aceptable  $C_{max}$  expresado en masa/volumen) y su concentración natural en el cuerpo de agua que recibe ( $C_{nat}$  expresado en masa/volumen). La HH Gris se expresa según la siguiente ecuación:

$$WF_{proc.grey} = \frac{L}{C_{max} - C_{nat}} = \frac{Effl \times C_{effl} - Abstr \times C_{act}}{C_{max} - C_{nat}} \quad (3)$$

Fuente: (Water Footprint Network, 2017)

Donde:

$WF_{proc.grey}$  =Huella Hídrica Gris

$Effl$ = Es el Volumen total del efluente que es descargado al alcantarillado ( $m^3$ / año)

$C_{effl}$  = Es la concentración de la sustancia (contaminante) en el cuerpo del efluente (mg / l)

$Abstr$ = Es el volumen total de agua que es consumida ( $m^3$ / año)

$C_{act}$ = Es la concentración real del contaminante cuando el agua es utilizada. (mg / l)

$C_{max}$ = La concentración máxima aceptable en el cuerpo de agua de descarga (mg / l)

$C_{nat}$  = Es la concentración del efluente sin intervención antrópica (mg / l)

De acuerdo a (Arévalo Uribe & Campuzano Ochoa, 2013), en este caso la concentración real, es decir, la  $C_{act}$  es igual a cero. Porque se toma agua potable, donde el agua ya se encuentra tratada y no posee el contaminante en estudio.

La HH Verde, se define como el volumen total de agua de precipitaciones y que hidrata de manera directa a las plantas y el suelo, para que luego ocurra la evotranspiración.

La HH Verde total equivale al resultado de la sumatoria de HH Verdes cuantificadas de las diferentes especies que se han incluido en el estudio. En este caso se toma en cuenta la HH verde del césped:

$$HHverde = HHverde_{césped} \quad (4)$$

Fuente: (Water Footprint Network, 2017)

Para el cálculo de la HH verde de cualquiera de las especies, se realiza a partir de las siguientes ecuaciones:

$$HH Verde = CWU_{Verde} \times Superficie \text{ Áreas Verdes} \quad (5)$$

$$HH Azul = CWU_{Azul} \times Superficie \text{ Áreas Verdes} \quad (6)$$

Fuente: (Water Footprint Network, 2017)

Donde:

$CWU_{Verde}$ , es el uso de agua de lluvia de la cobertura cuantificada.

$CWU_{Azul}$ , es el uso de agua extra (riego) de la cobertura cuantificada.

La superficie de áreas verdes (ha), de la cobertura cuantificada

### 3.4.2. Huella Hídrica Indirecta

Según (Water Footprint Network, 2017) la HHI “se refiere al volumen de agua incorporada o contaminada en toda la cadena de producción de un producto”. Y como mencionan (Becerra & Barraza, 2013), para el caso de la HHI se debe utilizar reportes.

El cálculo de la Huella Hídrica Indirecta puede realizarse en base al consumo de electricidad, papel (varios tipos) o alimentos. Para este caso se realiza el cálculo en base al consumo de electricidad y uso de papel.

#### **3.4.2.1. Huella Hídrica Indirecta asociada al consumo de electricidad**

Para el cálculo de la HH Indirecta basándose en el consumo de energía eléctrica, debe conocerse de antemano el tipo y fuente de energía eléctrica. Se requiere saber si la energía eléctrica utilizada proviene de plantas hidroeléctricas, a partir de la combustión de biomasa, por abastecimiento eólico o solar, etc.

De acuerdo a la metodología de la Water FootPrint Network. Una vez determinado el tipo y fuente de energía, se requiere conocer el consumo de electricidad (KW/H) usada por la Universidad durante el período de estudio. Tras esto, es indispensable conocer los factores de Conversión del tipo de energía del caso, es decir de energía obtenida de una hidroeléctrica,

$$WF_{Electricidad} = Consumo\ de\ electricidad\left(\frac{kw}{h}\right) \times Factor\ de\ Conversión \quad (7)$$

Fuente: (Water Footprint Network, 2017)

En este caso el factor de conversión dependerá precisamente de las fuentes directas utilizadas para generar la electricidad utilizada por la institución.

#### **3.4.2.2. Huella Hídrica Indirecta asociada al consumo de papel**

Se refiere al total de papel utilizado al año de estudio, debe estar en unidades de masa y se multiplica por el valor de Huella Hídrica según el tipo de papel estimada por la metodología correspondiente, la cual dispone de esta información para cada país. En este caso se requiere conocer el tipo y cantidad de papel utilizado en el período estudiado y se utiliza el factor de conversión de cada caso, tal como se puede apreciar en la siguiente ecuación:

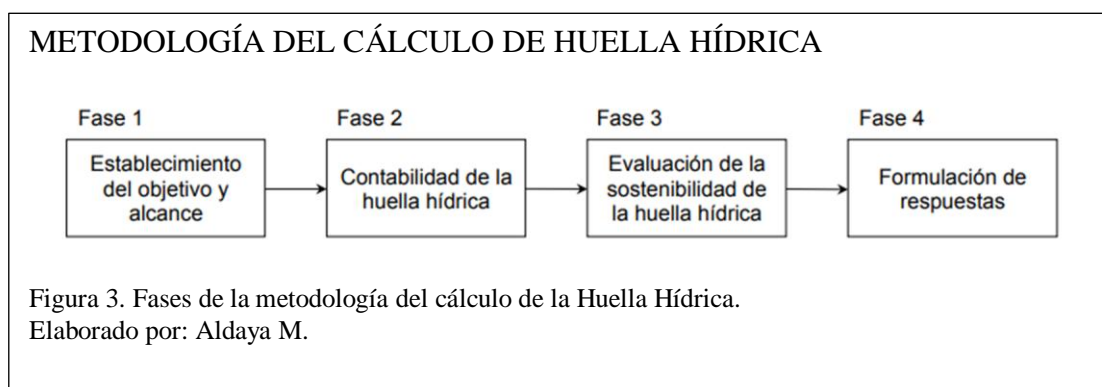
$$WF_{papel} = Consumo\ de\ Papel \left( \frac{Toneladas}{año} \right) \times Factor\ de\ Conversión \quad (8)$$

Fuente: (Water Footprint Network, 2017)

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Descripción del método

El trabajo se ha desarrollado en base a la metodología desarrollada por la Red Internacional de Huella Hídrica y presentada en el Manual de Huella Hídrica (Hoekstra et al., 2011). La metodología se esquematiza en 4 fases: (i) determinación de alcance y objetivos, (ii) contabilización de Huella Hídrica, (iii) análisis de sostenibilidad de la Huella Hídrica, y (iv) formulación de estrategias de reducción. (Hoekstra et al., 2011)



#### 4.1.1. Actividades para el desarrollo del proceso

##### 4.1.1.1. Determinación del alcance y objetivos

Para la determinación de alcance y objetivos se considera de qué manera el cálculo de la HH va a tener una visión integral. Se ha establecido que la manera idónea de trabajar es aplicar la metodología a todo el campus universitario y sus edificios ya que registran consumos de agua significativos y relevantes tanto de electricidad y papel.

Se pretende calcular la Huella Hídrica tanto directa e indirecta anual, del Campus Sur de la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA. El cálculo de la HH representa la relación directa entre los sistemas hídricos y el consumo humano. Además de permitir promover la mejora de la gestión (uso y consumo) de la producción del agua, la relación



entre el consumo humano y los sistemas hídricos puede establecer componentes como la escasez o contaminación del agua.

Para el cálculo de la HH Directa: se toman en cuenta las actividades inherentes a la HH Azul y Gris, en la UPS. Para la HH Azul de la institución, se consideró el consumo de registrado en tres suministros que dispone la Universidad.

Huella Hídrica Indirecta: se ha tomado los consumos de electricidad que registra le Empresa Eléctrica Quito. El insumo más representativo fueron el papel bond y papel higiénico.

#### **4.1.1.2. Identificación de unidades**

Se debe identificar las Unidades de la institución que serán sujeto de evaluación, las actividades que realizan. Al ser una institución educativa se puede cuantificar las HH de consumidores.

**Tabla 1**

*Huellas cuantificadas, según tipo de unidad*

| <b>Tipo de unidad</b> | <b>HH Azul</b> | <b>HH Gris</b> | <b>HH Verde</b> | <b>Indirecta</b> |
|-----------------------|----------------|----------------|-----------------|------------------|
| Administrativas       | X              | X              |                 | X                |
| Operativas            | X              | X              | X               |                  |
| Servicios             | X              | X              |                 |                  |

Nota: Detalle de la HH correspondiente a cada unidad de la organización.

Elaborado por: El autor

#### **4.1.1.3. Obtención de la información**

La recolección de datos de las unidades institucionales que se han identificado debe estar orientada mediante la identificación de las fuentes de información confiables. Para la estimación de la HH Indirecta, es necesario identificar fuentes bibliográficas que

permitan utilizar índices de consumo de agua de acuerdo a los materiales empleados, en este caso papel y electricidad.

**Tabla 2**  
*Información y fuentes para cada Huella Hídrica*

| <b>Huella Hídrica</b> | <b>Información</b>   | <b>Fuente</b>   | <b>Forma de estimación</b>  |
|-----------------------|--|---|---|
| Azul                  | Facturación mensual de agua (m <sup>3</sup> )              | Facturas emitidas mensualmente por la Empresa Eléctrica Quito | Consumo total   |
| Gris                  | Concentración de afluentes por parámetros                  | Datos bibliográficos  | Información bibliográfica sobre la calidad del agua potable.  |
|                       | Concentración de efluente por parámetros                   | Resultado de laboratorio                                      | Medición de ciertos parámetros de la calidad del agua   |
|                       | Concentración máxima establecida por la ley por parámetros | Normativa en materia Hídrica                                  |   |
|                       | Concentración de afluente por parámetros                   | Informes de monitoreo de la calidad del agua                  | Concentración de parámetros establecidos por bibliografía.  |
| Verde                 | Superficie de cobertura de áreas verdes                    | Datos bibliográficos  | Estimación espacial   |
|                       | Tipos de coberturas de áreas verdes                        | Verificación en campo   | Dependiendo de las características de la superficie se puede asumir un porcentaje de cobertura de pasto y arbustos. |
| Indirecta             | Consumo de materiales por parte de la institución          | Datos de la institución                                       |   |
|                       | Equivalentes de Huella Hídrica para materiales consumidos  | Equivalentes de Huella Hídrica para materiales consumidos     |   |

Nota: Detalle de las fuentes de información para cada HH.

Fuente: Water Footprint Network

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Cuantificación de la Huella Hídrica Directa

#### 5.1.1. Cuantificación HH Azul

Como ya se ha mencionado, HH Azul está definida por la ecuación (2):

$$WFP_{Azul} = Consumo\ de\ agua \left( \frac{m^3}{año} \right) * 20\% [Volumen/tiempo] \quad (2)$$

Fuente: (Water Footprint Network, 2017)

Para el cálculo de la HH Azul, se utilizará el consumo de agua de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito Campus Sur en el 2016.

**Tabla 3**

*Consumo de agua en la UPS QUITO, Campus sur, 2016*

| PERÍODO               | CONSUMO (m <sup>3</sup> ) |                    |          | SUBTOTAL     |
|-----------------------|---------------------------|--------------------|----------|--------------|
|                       | CUENTA No.                |                    |          |              |
|                       | 63083507                  | 63107290           | 63107300 |              |
| 10-12-2015/12-01-2016 | 0                         | 537                | 137      | 674          |
| 13-01-2016/12-02-2016 | 0                         | 563                | 76       | 639          |
| 12-02-2016/14-03-2016 | 0                         | 265                | 4        | 269          |
| 14-03-2016/12-04-2016 | 0                         | 357                | 56       | 413          |
| 12-04-2016/12-05-2016 | 0                         | 504                | 53       | 557          |
| - - /12-05-2016       | 249                       | 0                  | 0        | 249          |
| 12-05-2016/11-06-2016 | 838                       | 481                | 88       | 1407         |
| 11-06-2016/12-07-2016 | 877                       | 445                | 62       | 1384         |
| 12-07-2016/11-08-2016 | 972                       | 342                | 50       | 1364         |
| 11-08-2016/10-09-2016 | 403                       | 329                | 74       | 806          |
| 10-09-2016/11-09-2016 | 422                       | 389                | 15       | 826          |
| 11-10-2016/10-11-2016 | 567                       | 386                | 32       | 985          |
| 10-11-2016/10-12-2016 | 513                       | 369                | 50       | 932          |
| 10-12-2016/11-01-2017 | 418                       | 501                | 87       | 1006         |
|                       |                           | <b>TOTAL ANUAL</b> |          | <b>11511</b> |

Nota: Existen tres suministros de agua actualmente.

Elaborado por: El autor

Fuente: EPMAPS

La institución cuenta con tres medidores de agua y el período que se ha tomado en cuenta la información va desde el 10 de diciembre de 2015 hasta 11 de enero de 2017.

El total de agua consumida en el periodo fue de  $11511 \frac{m^3}{año}$ .

Reemplazando la cantidad total de agua en la fórmula se obtiene que:

$$WFP_{Azul} = 11511 \left( \frac{m^3}{año} \right) * 20\%$$

$$WFP_{Azul} = 2302.2 \left( \frac{m^3}{año} \right)$$

### 5.1.2. Cuantificación HH Gris

La Huella Gris se expresa según la ecuación (3):

$$WF_{proc.grey} = \frac{L}{C_{max} - C_{nat}} = \frac{Effl \times C_{effl} - Abstr \times C_{act}}{C_{max} - C_{nat}} \quad (3)$$

Fuente: (Water Footprint Network, 2017)

Donde:

Effl= Es el Volumen total del efluente que es descargado al alcantarillado ( $m^3 / año$ )

$C_{effl}$  = Es la concentración de la sustancia (contaminante) en el cuerpo del efluente (mg / l)

Abstr= Es el volumen total de agua que es consumida ( $m^3 / año$ )

$C_{act}$ = Es la concentración real del contaminante cuando el agua es utilizada. (mg / l)

$C_{max}$ = La concentración máxima aceptable en el cuerpo de agua de descarga (mg / l)

$C_{nat}$  = Es la concentración del efluente sin intervención antrópica (mg / l)

En este caso se ha medido o estimado el valor de los componentes de la ecuación.

El valor promedio del caudal de efluente  $Effl = 0,26 \frac{l}{s}$  el caudal anual por lo tanto es  $8199,36 \frac{m^3}{año}$ .

Se realizó el análisis de tres parámetros, del efluente: Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Oxígeno Disuelto. Según Water Foot Print, la HH Gris se puede determinar con diferentes parámetros. En este caso se ha considerado el uso del DQO, como parámetro para determinar la contaminación del efluente. Por lo tanto el valor de  $C_{effl}$  es igual a  $1430 \frac{mg}{l}$ , según el análisis físico-químico realizado al efluente.

Como ya se revisó para el cálculo de la HH Azul, el agua consumida y por lo tanto  $Abstr$  es igual a  $11511 \frac{m^3}{año}$ .

Considerando que, según LA Network (2018), el agua de Quito es la única en el Ecuador que cuenta con sello de calidad INEN 1108 y por lo tanto lleva el cumplimiento completo de la norma que cuenta con 69 parámetros de evaluación. Además Aguamarket, las aguas no contaminadas presenta DQO que varía de 1 a 5 ppm, o algo superiores. Por lo tanto se ha considerado para este estudio  $C_{act}$  equivalente a  $5 \frac{mg}{l}$ .

Los límites máximos permisibles para de descarga de agua al alcantarillado, se ha elegido de acuerdo al Libro VI Anexo 1, NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA. La misma que corresponde a  $C_{max} = 500 \frac{mg}{l}$ .

Los límites máximos permisibles de efluentes sin intervención antrópica se tomará en cuenta el valor más bajo tomando en cuenta que el agua de Quito es la única cumple con

cumplimiento de los 69 parámetros de evaluación. Además Aguamarket, las aguas no contaminadas presenta DQO que varía de 1 a 5 ppm, o algo superiores. Es decir que

$$C_{nat} = 1 \frac{mg}{l}.$$

Una vez que se tiene todos los valores se puede reemplazar en la ecuación:

$$WF_{proc.grey} = \frac{8199,36 \frac{m^3}{año} \times 1430 \frac{mg}{l} - 11511 \frac{m^3}{año} \times 5 \frac{mg}{l}}{500 \frac{mg}{l} - 1 \frac{mg}{l}}$$

$$WF_{proc.grey} = 23381,82 \frac{m^3}{año}$$

### 5.1.3. Cuantificación HH Verde

En este caso la cuantificación de la HH Verde del césped corresponde a la HH Verde, para lo cual se utiliza la ecuación (4):

$$HHverde = HHverde_{césped} \quad (4)$$

Fuente: (Water Footprint Network, 2017)

Donde:

$CWU_{Verde}$ , es el uso de agua de lluvia de la cobertura cuantificada. Se puede determinar como el producto del caudal del riego por la frecuencia del mismo.

La superficie de áreas verdes (ha), de la cobertura cuantificada.

$$CWU_{Verde} = Q_{riego} \times F_{riego}$$

Donde:

$Q_{riego}$  = Caudal del riego

$F_{riego}$  = Frecuencia del riego

De acuerdo al testimonio de empleados que trabajan en el área de mantenimiento de la institución, el riego se realiza en verano una vez a la semana durante tres horas. Tomando en cuenta que en Quito el verano tiene una duración aproximada de 4 meses, según CLIMA DE, la frecuencia de riego es de  $561,6 \frac{m^3}{año}$ .

El caudal promedio de los grifos de agua es de  $0,18 \frac{l}{s}$ . Para poder realizar el cálculo se transforma el caudal, obteniendo  $5676,48 \frac{m^3}{año}$ , por cada Ha.

El área de riego se ha estimado gráficamente, haciendo uso de Google Earth 2018.



Se ha estimado que el área verde de la institución es de 2,24 Ha.

$$HH Verde = \frac{5676,48 \frac{m^3}{año}}{Ha} \times 2,24 Ha$$

$$HH Verde = 5676,48 \frac{m^3}{año}$$

#### 5.1.4. Cuantificación HH Indirecta

##### 5.1.4.1. Cuantificación HHI, en base al consumo de electricidad

Se tiene registro del consumo eléctrico de la Universidad, mediante la facturación mensual pagada entre el período comprendido entre el 26 de enero de 2016 hasta el 27 de diciembre del mismo año. El consumo total fue de 575050 kwh.

**Tabla 4**

*Consumo de energía eléctrica en la UPS QUITO, Campus sur, 2016*

| PERÍODO               | SUMINISTRO |          |          | TOTAL   | CONSUMO<br>(kwh) |
|-----------------------|------------|----------|----------|---------|------------------|
|                       | 1954914-3  | 1015300K | 1239473K |         |                  |
| 26-01-2016/26-02-2016 | 0,00       | 606,01   | 3175,34  | 3781,35 | 47266,875        |
| 26-02-2016/30-03-2016 | 0,00       | 595,51   | 3022,71  | 3618,22 | 45227,75         |
| 30-03-2016/27-04-2016 | 0,00       | 692,51   | 3525,97  | 4218,48 | 52731            |
| 27-04-2016/25-05-2016 | 0,00       | 692,98   | 3551,41  | 4244,39 | 53054,875        |
| 25-05-2016/27-06-2016 | 0,00       | 761,99   | 4188,37  | 4950,36 | 61879,5          |
| 01-06-2016/27-07-2016 | 19,50      | 520,34   | 0,00     | 539,84  | 6748             |
| 27-06-2016/27-07-2016 | 0,00       | 355,17   | 4072,29  | 4427,46 | 55343,25         |
| 27-07-2016/30-08-2016 | 14,26      | 296,36   | 3357,70  | 3668,32 | 45854            |
| 30-08-2016/28-09-2016 | 14,05      | 991,86   | 2984,19  | 3990,10 | 49876,25         |
| 28-09-2016/26-10-2016 | 89,73      | 299,27   | 3712,51  | 4101,51 | 51268,875        |
| 26-10-2016/28-11-2016 | 148,90     | 356,73   | 4312,17  | 4817,80 | 60222,5          |
| 28-11-2016/27-12-2016 | 0,00       | 335,87   | 3310,30  | 3646,17 | 45577,125        |
| <b>TOTAL CONSUMO</b>  |            |          |          |         | <b>575050</b>    |

Nota: Registros de tres suministros de agua potable que cuenta la UPS

Elaborado por: El autor

Fuente: EMPRESA ELÉCTRICA QUITO



Según Castillo M. (2017), el Equivalente de Huella Hídrica de las fuentes energéticas hidráulicas es 22,3 HH en m<sup>3</sup>/GJ. Por lo tanto el total de consumo de energía eléctrica se debe transformar a GJ para poder proceder con la operación. Si 1 GJ = 277.78 kw/h, entonces el consumo eléctrico total debe dividirse entre 277.78. De esta manera se obtiene que el total consumido en electricidad es 2070,16 GJ.

**Tabla 5**

*Equivalencias de Huella Hídrica de las fuentes energéticas*

| <b>Fuente energética</b>      | <b>HH en m<sup>3</sup>/GJ</b> |
|-------------------------------|-------------------------------|
| Agua (energía hidroeléctrica) | 22,3                          |
| Gas natural                   | 0,11                          |
| Energía eólica                | 0                             |
| Energía solar                 | 0,27                          |
| Carbón                        | 0,16                          |
| Total                         | 22,84                         |

Nota: Factores de conversión para cada tipo de fuente de energía

Fuente: Water Footprint Network

Aplicando el equivalente de Huella Hídrica en la ecuación (7), se obtiene:

$$HH \text{ Indirecta} = 2070,16 \text{ GJ} \times 22,3 \frac{\text{m}^3}{\text{GJ}}$$

El valor anual de la HHI basada al consumo de electricidad, por lo tanto, es 46164,57m<sup>3</sup>.

#### **5.1.4.2. Cuantificación HHI, en base al consumo de papel**

Otro componente que forma parte de la HH Indirecta es el consumo de papel. A continuación se detalla los valores adquiridos por la institución educativa durante el 2016, en cuanto a papel se refiere:

**Tabla 6***Detalle consumo de papel en la UPS Quito Campus Sur, 2016.*

| DESCRIPCIÓN                                   | PESO (gr) | CANTIDAD<br>POR<br>UNIDAD | UNIDADES<br>ADQUIRIDAS |
|---|-----------|---------------------------|------------------------|
| Papel Bond Dispalaser A4                      | 75        | 500                       | 580                    |
| Papel Toalla Z SCOTT 175 MULTIFOR<br>30204383 | 31,6*     | 175                       | 200<br>50              |
| Toalla FOREST BLANCA X175H                    | 50        | 175                       | 3000                   |
| Papel Higiénico Jumbo Blanco H.D. 250 mts.    | 39*       | 1                         |                        |

Nota: \*peso g/m<sup>2</sup>,

Elaborado por: Ortiz. C, 2018.

Fuente: Administración UPS QUITO-Camus Sur

Para calcular el valor de la HHI de cada tipo de papel, se debe utilizar la HH de cada uno. Según Castillo (2014) para el papel de impresión (papel bond), hace referencia a van Oel y Hoekstra, (2012), la HH es igual a 518 m<sup>3</sup> por tonelada. Por otra parte de para la producción de un rollo de papel higiénico se requieren 10 litros de agua, es decir 1x10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>.

Para el papel de impresión se aplica el factor de conversión en la ecuación (7):

$$HH \text{ Papel1} = \text{Consumo de papel bond} \left( \frac{\text{ton}}{\text{año}} \right) \times \text{Factor de conversión}$$

$$HH \text{ Papel1} = 21750 \left( \frac{\text{ton}}{\text{año}} \right) \times 518 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{ton}} \right)$$

$$HH \text{ Papel1} = 11266500 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

Para determinar el número de unidades de papel, se suma los tres tipos, obteniendo 3250 unidades.

Para el papel higiénico se aplica el factor de conversión en la siguiente fórmula:

$$HH \text{ Papel2} = \text{Consumo de papel higiénico} \left( \frac{\text{unidades}}{\text{año}} \right) \times \text{Factor de conversión}$$

$$HH\text{ Papel2} = 3250 \left( \frac{\text{unidad}}{\text{año}} \right) \times 1 \times 10^{-3} \left( \frac{m^3}{\text{unidad}} \right)$$

$$HH\text{ Papel2} = 3,25 \frac{m^3}{\text{año}}$$

La HH total del papel se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$HH\text{ Papel} = HH\text{ Papel1} + HH\text{ Papel2}$$

$$HH\text{ Papel} = 11266500 \frac{m^3}{\text{año}} + 3,25 \frac{m^3}{\text{año}}$$

$$HH\text{ Papel} = 11266503,25 \frac{m^3}{\text{año}}$$

## 5.2. Discusión

### 5.2.1. Contabilidad de la Huella Hídrica

### 5.2.2. Huella Hídrica Directa

Los componentes de la HH Directa corresponden a la HH Azul, HH Verde y HH gris.

#### 5.2.2.1. Huella Azul

Los valores del uso de agua por mes abastecida por la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito son más o menos constantes. En los meses de mayo, junio, julio y diciembre son aquellos que más consumo presentan. En los períodos de marzo a abril y de agosto a septiembre, el consumo de agua es menor, posiblemente porque son las actividades académicas se ven reducidas.

De acuerdo a Guamá y Ordóñez (2014) la proyección de la población universitaria para el 2016 es de 7.648 personas y de acuerdo al resultado obtenido de la HH Azul, en el mismo periodo, se puede establecer una relación para determinar la HH Azul per cápita, obteniéndose  $0,3 \frac{m^3}{persona}$ .

#### **5.2.2.2. Huella Verde**

Se debe destacar que la HHV es menor que la entrada de agua de precipitación. Son diferencias. De acuerdo al área verde existente en la Universidad, en la que se realiza riego el valor de la HHV es  $5676,48 \frac{m^3}{año}$ .

#### **5.2.2.3. Huella Gris**

La huella hídrica es alta en este caso, con  $23381,82 \frac{m^3}{año}$ . A pesar de haber analizado tres parámetros del efluente, se eligió el DQO ya que corresponde al de mayor valor y por lo tanto el que supera enormemente el límite máximo permisible.

#### **5.2.3. Huella Hídrica Indirecta**

Los parámetros tomados en cuenta para la el cálculo de la HH Indirecta, corresponden a la energía eléctrica y consumo de papel (bond e higiénico).

En cuanto al consumo eléctrico, en el Anexo 2 se aprecia los datos más relevantes: el período comprendido entre 01-06-2016 y 27-07-2016, registra el menor consumo de mientras que el de mayor consumo es el período entre 27-04-2016 y 25-05-2016. Un menor o mayor consumo eléctrico implica también una variación en la Huella Hídrica Indirecta.

Por otro lado el producto cuyo uso implica gran impacto en cuanto a la Huella Hídrica es el papel. El papel para impresión (bond) tanto por la cantidad, así como por el factor de conversión es el producto que genera mayor valor de HH.

Finalmente, los valores totales de la HH, se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 7**

*Valor total Huella Hídrica*

| INDICADOR        |              | VALOR (m <sup>3</sup> /año) |                      |
|------------------|--------------|-----------------------------|----------------------|
| Huella Directa   | Huella Verde | 5676,48                     |                      |
|                  | Huella Azul  | 2302,2                      | 31.360,5             |
|                  | Huella Gris  | 23381,82                    |                      |
| Huella Indirecta | Electricidad | 46164,7                     |                      |
|                  | Papel        | 112666503,3                 | 112.712.668          |
| <b>TOTAL HH</b>  |              |                             | <b>112.744.028,5</b> |

Nota: Detalla de la Huella Hídrica de la UPS QUITO-CAMPUS SUR

Elaborado por: Ortiz. C, 2018.

Fuente: Administración UPS QUITO-Campus Sur

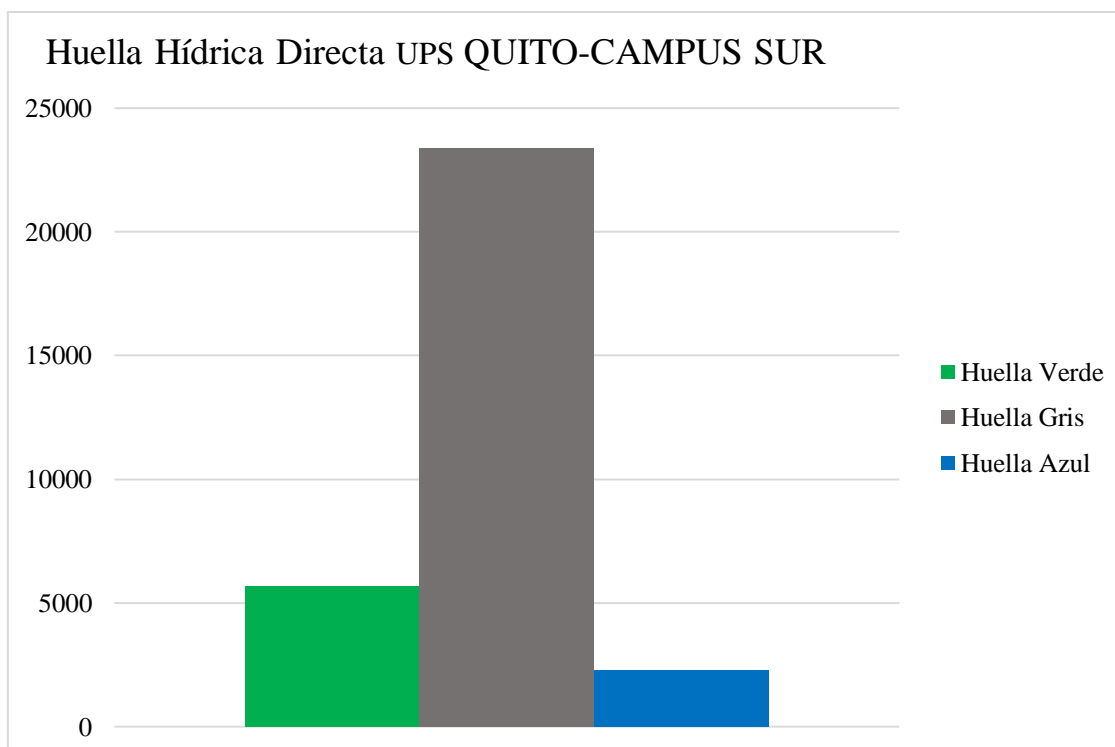


Figura 5. Gráfico de la Huella Hídrica Directa en la Universidad Politécnica Salesiana Quito Campus Sur  
Elaborado por: El autor

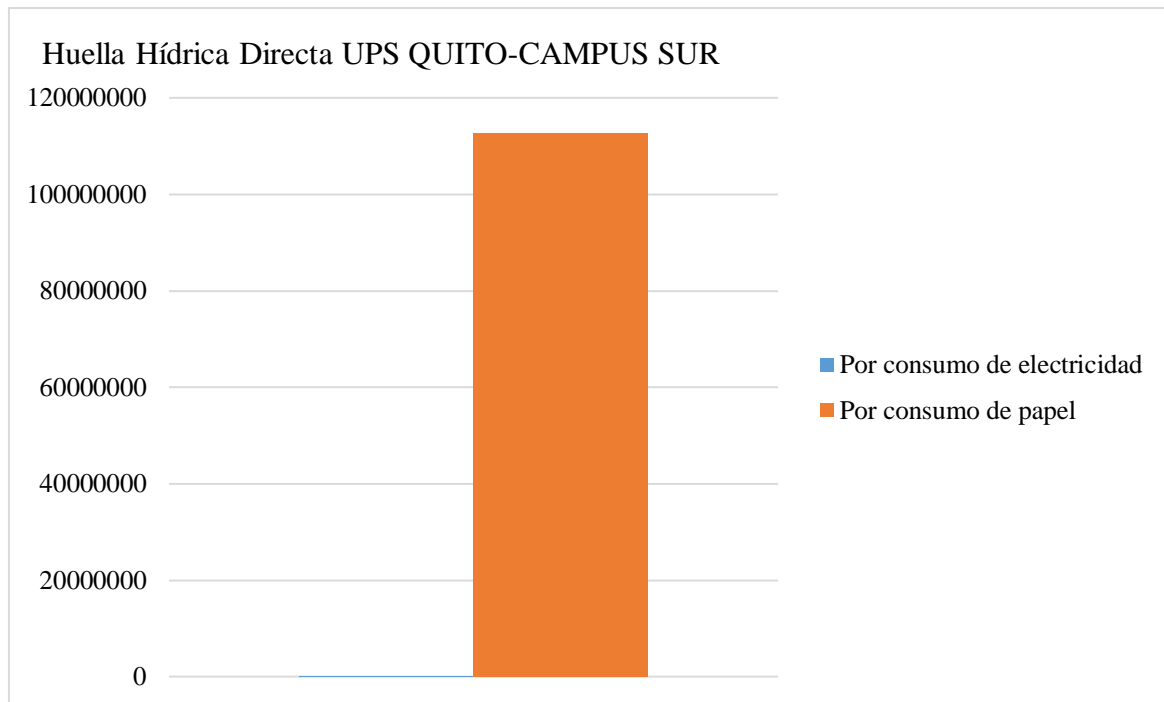


Figura 6. Gráfico de la Huella Hídrica Indirecta en la Universidad Politécnica Salesiana Quito Campus Sur Elaborado por: Ortiz. C, 2018.

Un caso similar de medición se realizó en la Pontificia Universidad Católica del Perú en el 2016, con datos del 2014. En dicho estudio se obtuvo que la HH Directa 12.324.720,51 m<sup>3</sup>/año. En comparación con la de la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur, puede establecerse que la HH Directa de esta última corresponde al 0,25%.

Por otro lado la HH Indirecta en la Pontificia Universidad Católica del Perú, se registró que fue más de 33 veces el valor de la HH Indirecta de la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur.

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1. Conclusiones**

Se ha obtenido que el valor total de la Huella Hídrica en la Universidad Politécnica Salesiana Quito Campus Sur es de 112.744.028,5 m<sup>3</sup>/año.

De manera específica se obtuvo los tres valores que componen la Huella Hídrica Directa. La Huella Hídrica Azul es 2302.2 m<sup>3</sup>/año. La Huella Hídrica Gris es igual a 23381,82 m<sup>3</sup>/año y finalmente se ha calculado que la Huella Hídrica Verde es 5676,48 m<sup>3</sup>/año.

Dentro de la Huella Hídrica Directa, la HH Verde representa el 18,10%, la HH Azul el 7,34% y la HH Gris el 74,56%.

De la Huella Hídrica Total, la Indirecta es la más representativa. Mientras que la Huella Hídrica Directa representa el 0,028% la Huella Hídrica Indirecta 99,972%, casi el 100%.

A su vez, en la Huella Hídrica Indirecta, el consumo de papel es la actividad que mayor impacto causa, ya que representa el 99,96%, mientras que la Huella Hídrica por el consumo de energía eléctrica es tan solo del 0,04%.

### **6.2. Recomendaciones**

Después de calcular los valores de HH en la Universidad Politécnica Salesiana, Campus Sur se recomienda de manera general acciones que pueden contribuir a disminuir el consumo y por lo tanto la Huella Hídrica.

Las medidas a tomar deben estar principalmente dirigidas a disminuir el consumo de papel, ya que esta actividad es la contribuye al incremento de la Huella Hídrica de la

Universidad. La minimización del consumo de papel, especialmente el papel bond, debe ser prioritario para la institución, para lograr disminuir la HH Indirecta ya que en comparación al consumo eléctrico la HH en relación al uso de papel es mucho mayor.

Por otro lado también se debe considerar que, para disminuir la Huella Hídrica Verde, se recomienda realizar el riego en períodos en los que la radiación solar sea menor, para aprovechar el agua de riego y mejorar la eficiencia del riego. Las horas de la tarde se recomiendan para realizar el riego, es en este período en que la infiltración al suelo y aprovechamiento del agua durante el riego, se puede dar.

En cuanto a la Huella Hídrica Directa, se debe tomar en cuenta los valores obtenidos en la HH Gris, se debe prestar mayor atención en tratar el agua contaminada, ya que en este caso es la que supera a la HH Azul y HH Verde, juntas.

Como una institución dedicada a la educación y a la investigación, se puede tomar en cuenta la necesidad de realizar el tratamiento del agua residual, previo a la descarga al sistema de alcantarillado, o en una solución más ideal aprovechar o reutilizar el agua tratada, eso sí tomando en cuenta que los parámetros cumplan con la legislación vigente, dependiendo el uso posterior que se le pretenda dar.

Por otro lado la minimización del consumo de papel, especialmente el papel bond, debe ser prioritario para la institución, para lograr disminuir la HH Indirecta. En relación al consumo eléctrico la HH en relación al uso de papel es mucho mayor.



## 7. BIBLIOGRAFÍA

- (s.f.). Obtenido de [https://www.crisisenergetica.org/staticpages/capacidad\\_carga.htm](https://www.crisisenergetica.org/staticpages/capacidad_carga.htm)
- AGUAMARKET. (s.f.). *AGUAMARKET*. Recuperado el 12 de abril de 2018, de <http://www.huellahidrica.org/Reports/Calculo%20Huella%20Hidrica.pdf>
- Aldaya, M. (22 de junio de 2015). *FUNDACIÓN BOTÍN*. Obtenido de <https://www.fundacionbotin.org>
- Aldaya, M. (2015). Introducción al cálculo de la huella según Water Footprint Network. *Ponencia Seminario Nacional del Observatorio del Agua*. Madrid.
- Aldaya, M. (22 de junio de 2018). *FUNDACIÓN BOTÍN*. Obtenido de [https://www.fundacionbotin.org/89dguuytdfr276ed\\_uploads/Observatorio%20Tendencias/Sem%20NACIONALES/13-huella%20hidrica/Maite\\_Aldaya\\_Seminario\\_OA.pdf](https://www.fundacionbotin.org/89dguuytdfr276ed_uploads/Observatorio%20Tendencias/Sem%20NACIONALES/13-huella%20hidrica/Maite_Aldaya_Seminario_OA.pdf)
- Arévalo Uribe, D., & Campuzano Ochoa, C. (2013). *Guía Metodológica de Aplicación de Huella Hídrica en Cuenca*. Junio: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Becerra, C., & Barraza, V. (2013). *Estimación huella hídrica de la Universidad Tecnológica Metropolitana*. Santiago de Chile: Universidad Tecnológica Metropolitana.
- Calles, J. (marzo de 2017). *Monitoreo de la calidad y cantidad del agua*. Obtenido de Blogger: <http://agua-ecuador.blogspot.com/2016/07/monitoreo-de-la-calidad-y-cantidad-del.html>
- Carbonell, M. (13 de Febrero de 2013). *Miguel Carbonell*. Obtenido de [http://www.miguelcarbonell.com/articulos\\_periodicos/C\\_mo\\_ser\\_el\\_mundo\\_en\\_el\\_2050.shtml](http://www.miguelcarbonell.com/articulos_periodicos/C_mo_ser_el_mundo_en_el_2050.shtml)
- Castillo Valencia, M. (2014). *Huella Hídrica del campus de la Pontificia Universidad Católica del Perú 2014*. San Miguel: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Castillo Valencia, M. H. (2017). *Huella hídrica del campus de la Pontificia Universidad Católica del Perú en el 2014*. San Miguel: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- CETAQUA. (14 de marzo de 2018). *CENTRO TECNOLÓGICO DEL AGUA*. Obtenido de <http://www.cetaqua.com/es/sala-de-prensa/noticia/524/dejar-huella-hidrica-en-el-ciclo-urbano-del-agua>
- CLIMA DE. (s.f.). *CLIMA-DE*. Recuperado el 3 de marzo de 2018, de <https://www.clima-de.com/quito/>

- CODEXVERDE. (marzo de 2015). *CODEXVERDE*. Obtenido de <http://www.codexverde.cl/wp-content/uploads/2015/03/Proyecto-de-Titulo-Estimaci%C3%B3n-de-la-Huella-H%C3%ADrica-para-cd.pdf>
- DIMERC. (2010). *DIMERC*. Obtenido de <http://www.dimerc.pe/files/pdf/PR12512.pdf>
- ECOSOFÍA. (s.f.). Obtenido de [http://ecosofia.org/2008/04/huella\\_hidrica\\_cuanta\\_agua\\_gastamos.html](http://ecosofia.org/2008/04/huella_hidrica_cuanta_agua_gastamos.html)
- Foundation, G. C. (s.f.). *Water Footprint Calculator*. Recuperado el 21 de noviembre de 2017, de <http://www.gracelinks.org/1408/water-footprint-calculator>
- gerbens-Leenees, P. W., & Hoekstra, A. H. (s.f.).
- Gobierno de la Provincia de San Luis. (2013). *Cálculo y análisis de la Huella Hídrica de la provincia de San Luis*. San Luis. Obtenido de <http://www.huellahidrica.org>
- Green Facts*. (diciembre de 2017). Obtenido de <https://www.greenfacts.org>
- Guamá Conforme, C., & Ordoñez Jácome, S. (2014). *ESTUDIO Y DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRAL DE RESIDUOS*. Quito: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.
- Hoekstra, A. (29 de Diciembre de 2012). *Question about WFP*.
- INEC midió la calidad de agua que consumen los ecuatorianos. (16 de mayo de 2017). Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/2017/05/16/nota/6186154/inec-midio-calidad-agua-que-consumen-ecuatorianos>
- Instituto Superior del Medio Ambiente. (2017). Obtenido de <http://www.ismedioambiente.com>
- KCPROFESSIONAL. (17 de agosto de 2016). Obtenido de <http://www.kcprofessional.com.co/media/7027553/30200255-Papel-Higie%C3%81nico-KLEENEX%C2%A0-2Ply-B1-4x250.pdf>
- LA Network. (11 de mayo de 2018). *LA Network*. Obtenido de <http://la.network/quito-ciudad-calidad-del-agua-certificada/>
- MEGACAVEDI. (2018). Obtenido de <https://www.megacavedi.com.ec/wp-content/pdf/productos-toallas-general.pdf>
- Moberg, F., & Sturle, H. S. (4 de Febrero de 2016). *¿Qué es la resiliencia? Una introducción a la investigación sobre el sistema socio-ecológico*. Estocolmo: Sida. Obtenido de [http://applyingresilience.org/wp-content/uploads/sites/2/2016/04/What\\_is\\_resilience\\_SP\\_aktiv.pdf](http://applyingresilience.org/wp-content/uploads/sites/2/2016/04/What_is_resilience_SP_aktiv.pdf)

- Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. (21 de junio de 2017). *Naciones Unidas*. Obtenido de [http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water\\_and\\_sustainable\\_development.shtml](http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water_and_sustainable_development.shtml)
- Ortiz, M. (2017). *Datos: población ecuatoriana*. Obtenido de <http://www.elcomercio.com/opinion/datos-poblacion-ecuatoriana-inec-opinion.html>
- Rendón, E. (2015). *LA HUELLA HÍDRICA COMO INDICADOR DE SUSTENTABILIDAD Y SU APLICACIÓN EN EL PERÚ*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Servicio de Agua y Drenaje de Monterrey. (2011). *Servicio de Agua y Drenaje de Monterrey*. Obtenido de <http://www.sadm.gob.mx/PortalSadm/jsp/prensa.jsp?id=638>
- UNESCO. (2016). *UNESCO*. Obtenido de <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002441/244103s.pdf>
- UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID. (2018). *UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID*. Obtenido de [http://webs.ucm.es/info/diciex/proyectos/agua/contaminacion\\_riosylagos.html](http://webs.ucm.es/info/diciex/proyectos/agua/contaminacion_riosylagos.html)
- Universidad Politécnica Salesiana Ecuador. (4 de abril de 2018). *Universidad Politécnica Salesiana Ecuador*. Obtenido de <https://www.ups.edu.ec>
- USGS. (8 de noviembre de 2017). *USGS SCIENCE FOR A CHANGING WORLD*. Obtenido de <https://water.usgs.gov/gotita/earthhowmuch.html>
- Water Footprint Calculator*. (8 de Diciembre de 2017). Obtenido de <https://www.watercalculator.org>
- Water Footprint Network*. (16 de Noviembre de 2017). Obtenido de [http://waterfootprint.org/media/downloads/HUELLA\\_HIDRICA\\_info.pdf](http://waterfootprint.org/media/downloads/HUELLA_HIDRICA_info.pdf)
- Zárate Torres, E., Fernández Poulussen, A., & Kuiper, D. (2017). *EUROCLIMA-IIICA*. Obtenido de <http://euroclima.iica.int>

## 8. ANEXOS

### Anexo 1 Informe de análisis físico-químico.



Orden de trabajo N° 185897  
Hoja 1 de 1

NOMBRE: Cristian Ortiz  
DIRECCIÓN: Angamarca OE11-255 y Obdulia Luna  
MUESTRA: Agua residual 2  
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: Líquido color amarillo  
FECHA DE RECEPCIÓN: 20 de julio del 2018  
FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 19 de julio del 2018  
LOCALIZACIÓN: Universidad Politécnica Salesiana – Sur  
MUESTREO: El Cliente  
ENVASE: PET  
FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO: 20 – 23 de julio del 2018  
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME: 23 de julio del 2018  
CONDICIONES AMBIENTALES: 24.2°C 40%HR

| ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO   | RESULTADO | UNIDAD | METODO          |
|-----------------------------|-----------|--------|-----------------|
| Demanda Química de Oxígeno  | 1430      | mg/l   | APHA 5220       |
| Sólidos suspendidos totales | 128       | mg/l   | APHA 2540 D     |
| Oxígeno Disuelto            | 2.80      | mg/l   | APHA 4500 O - B |

Dra. Cecilia Luzuriaga  
GERENTE GENERAL

El presente informe sobre es válido para la muestra analizada.  
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.

\* Autorización de envío vía electrónica: Dra. Cecilia Luzuriaga – Gerente

Fecha emisión: 23-07-2018

Este informe no reemplaza al original y será válido únicamente por escrito en toda circunstancia con sellos respectivos y firma original de la persona responsable.

Edición electrónica Ed 02 - Abril 2017